

ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ АСКУЭ

Оморов Туратбек Турсунбекович, д.т.н., член-корреспондент Национальной академии наук Кыргызской Республики, г.Бишкек, пр. Чуй, 66а, omorovtt@mail.ru. ORCIDID 0000-0002-5902-0220

Такырбашев Бейшеналы Касымалиевич, инженер, Национальная академия наук Кыргызской республики, г.Бишкек. b.takyrbashev@gmail.com.

Койбагаров Таалайбек Джыргалбекович, аспирант, Национальная академия наук Кыргызской Республики, г.Бишкек. koibagarov@bk.ru.

Жаныбаев Тилебалды Оторбекович, зам.ген.директора, ОАО «Северэлектро», Кыргызская Республика, Чуйская область, Аламудунский район, с.Лебединовка, ул.Чкалова, e-mail: zhanybaev1979@mail.ru

Аннотация. Рассматриваются вопросы, связанные с разработкой и внедрением новых инновационных технологий для комплексной автоматизации и информатизации процессов энергопотребления в распределительной электрической сети (РЭС). Дано краткое описание существующей системы энергоучета Республики и ее особенности, частично включающей в своем составе автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ). Приведена структура и основные функциональные элементы этих систем. Отмечаются положительные аспекты внедрения АСКУЭ, а также их основные недостатки. Последние связаны с тем, что современные АСКУЭ главным образом предназначены для выполнения функций коммерческого учета электроэнергии и поэтому относятся к классу информационно-измерительных систем, что не позволяет в достаточной степени использовать возможности современных цифровых технологий для повышения их эффективности и технико-экономических показателей распределительных компаний. Отмечается, что в составе существующих АСКУЭ отсутствуют технические и программные средства, предназначенные для решения таких важных задач, как диагностика состояний РЭС и оптимизация их режимов работы, практическая реализация которых дает возможность значительно сократить технические и коммерческие потери электроэнергии. Сформулированы предложения по совершенствованию и повышению эффективности существующих АСКУЭ.

Ключевые слова: распределительная сеть, автоматизация, оптимизация, идентификация.

PROBLEMS OF IMPROVING MODERN AUTOMATED METER READING AND CONTROL SYSTEM (AMRCS)

Omorov Turatbek Tursunbekovich, PhD, Corresponding Member, National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek c., Chui av. 66a, e-mail: omorovtt@mail.ru. ORCIDID 0000-0002-5902-0220

Takyrbashev Beishenaly Kasymalievich, engineer, National Academy of Science of the Kyrgyz Republic, Bishkek c., Chui av. 66a, e-mail: b.takyrbashev@gmail.com.

Koibagarov Taalaibek Djergalbekovich, graduate student of National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek c., Chui av. 66a, e-mail: koibagarov@bk.ru.

Zhanybaev Tilebaldy Otorbekovich, Deputy General Director for Commercial Affairs, JSC "Sevelectro", Kyrgyz Republic, Alamedun r-n, Lebedinovka v., Chkalova str,3, e-mail: zhanybaev1979@mail.ru

Abstract. The issues related to the development and implementation of new innovative technologies for integrated automation and informatization of energy consumption processes in the distribution electric network (DEN) are considered. A brief description of the existing system of energy accounting of the Republic and its features, partly including automated meter reading and control system (AMRCS) is given. The structure and the main functional elements of these systems are given. The positive aspects of the implementation of AMRCS, as well as their main disadvantages are noted. The disadvantages are related to the fact that modern AMRCS are mainly designed to perform the functions of commercial metering of electricity and therefore belong to the class of information-measuring systems. This does not allow to sufficiently using the capabilities of modern digital technologies to improve the efficiency and technical and economic indicators of distribution companies. It is noted that in the composition of the existing AMRCS there are no technical and software tools designed to solve such important tasks as the diagnosis of the condition of DEN and the optimization of their operating modes, the practical implementation of which makes it possible to significantly reduce technical and commercial losses of electricity. Proposals for improving and increasing the effectiveness of existing AMRCS are formulated.

Keywords: distribution network, automation, optimization, identification.

Введение. Как известно, энергетический комплекс Кыргызской Республики (КР) состоит из трех взаимосвязанных систем: генерирующей, транспортирующей и распределительной. Выработанная генерирующей системой (ГЭС, ТЭЦ) электрическая энергия подводится на вход транспортирующей системы (высоковольтные электрические сети), которая поставляет энергию к распределительным электрическим сетям (РЭС) напряжением 0,4 кВ. РЭС представляет собой нижний уровень энергосистемы, где производится отпуск электроэнергии как товарной продукции. Как известно, к числу важнейших показателей качества и эффективности работы распределительной сети относятся потери электроэнергии в ней, состоящие, в основном, из технических и коммерческих потерь. Несмотря на то, что распределительными компаниями ведется определенная работа по их снижению уровни потерь к настоящему времени остаются достаточно высокими, которые составляют около 13%. Для сравнения - потери электроэнергии в развитых странах в среднем составляют 6-7%. Таким образом, у энергетического комплекса республики имеется огромный потенциал для снижения потерь и экономии энергоресурсов. В связи с этим имеется острая необходимость в разработке и внедрении более совершенных и эффективных новых технологий при автоматизации распределительных сетей. Здесь следует отметить, что несколько лет назад были частично реализованы пилотные проекты для отдельных объектов ряда распределительных компаний по внедрению электронных счетчиков с картой предоплаты, направленные на снижение уровня дебиторской задолженности потребителей. На основе таких мероприятий невозможно кардинально решить такие острые проблемы, как выявление и предотвращение несанкционированных отборов (хищений) электроэнергии, оптимизация режимов работ распределительных сетей и контроль за состоянием приборов учета и технологического оборудования, оценка технических и коммерческих потерь, составление баланса энергопотребления. Другими словами, счетчики с картой предоплаты осуществляют лишь частичную автоматизацию процессов энергопотребления в РЭС. Поэтому распределительными компаниями республики принята концепция системного подхода к решению рассматриваемой проблемы, предусматривающая комплексную автоматизацию и информатизацию распределительных сетей напряжением 0,4 кВ на основе внедрения автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) [17], что позволило

ряд функций системы выполнить в автоматическом режиме без участия работников распределительных компаний (сбор данных с абонентских счетчиков электроэнергии, отключение нагрузки абонента при определенных ситуациях и др.). В то же время анализ функциональной структуры существующих АСКУЭ показал, что главный их недостаток заключается в том, что они, в основном, предназначены для коммерческого учета электроэнергии [3, 17] и поэтому относятся к классу информационно-измерительных систем. Они по существу не имеют технических и программных средств, необходимых для снижения технических и коммерческих потерь электроэнергии хотя в составе автоматизированных систем имеются так называемые «умные счетчики». Средства, включенные в их составе позволяют лишь дистанционное отключение нагрузки абонента при несвоевременной оплате за использованную электроэнергию, а также при превышении установленного лимита по потребляемой мощности в соответствии с техническими условиями на подключение энергии.

В связи с изложенным актуальной является проблема совершенствования современных АСКУЭ. В работе излагаются вопросы, связанные с комплексной автоматизацией РЭС, и сформулированы предложения, направленные на повышение технико-экономических показателей распределительных компаний Республики и эффективности внедряемых в настоящее время АСКУЭ.

Текущее состояние системы энергоучета Республики

1. В настоящее время для измерения расходов электроэнергии, потребляемых абонентами сети, используются и индукционные, и современные электронные («умные») счетчики. Удельный вес последних составляет порядка 17%, а индукционных – 83% от общего количества абонентов в Республике. Как известно, индукционные счетчики электроэнергии морально и физически устарели, которые не пригодны для целей автоматизации. Поэтому в настоящее время идет их активная замена современными электронными счетчиками в составе АСКУЭ, которые разрабатываются и выпускаются рядом известных фирм, таких как АО ГК «Системы и Технологии», концерн «Энергомера», АО «ЛЕМЗ», НПО «МИР» (Россия), Iskraemeco (Украина), ADD Grup (Молдова), Yitran (Израиль), Hexing Electrical Co.Ltd. (КНР), Ningbo Sanxing Medical & Electric Co.Ltd. (КНР) [18-22]. Данные по внедрению современных счетчиков в составе АСКУЭ, внедряемых на объектах распредкомпаний республики, приведены в табл. 1.

Таблица 1
Данные по внедрению современных счетчиков в составе АСКУЭ

Годы	Количество установленных на объектах электронных («умных») счетчиков	Название фирм, счетчики которых использовались в составе АСКУЭ
2013г.	10278	Ningbo Sanxing Medical & Electric Co.Ltd. (КНР), ADD Grup (Молдова), Hexing Electrical Co.Ltd. (КНР), НПО «МИР» (Россия)
2014г.	55437	
2015г.	49285	
2016г.	59451	
2017г.	34461	

Необходимо отметить, что современные электронные счетчики по сравнению с индукционными имеют расширенный состав измеряемых величин. В частности, функциональная структура этих приборов включает следующие функции [19, 22]:

- 1) измерение действующих значений токов и напряжений на нагрузках распределительных сетей;
- 2) измерение коэффициентов мощностей;

3) измерение активных и реактивных мощностей.

Эти дополнительные функциональные возможности электронных счетчиков можно использовать для расширения состава функций существующих АСКУЭ и повышения их эффективности. Здесь следует отметить, что в Республике в настоящее время не существует предприятий, выпускающих средства измерения, автоматизации, сбора и передачи информации.

2. Сбор информации об энергопотреблении абонентами сети, которые снабжены индукционными счетчиками, осуществляется вручную с помощью работников распределительных компаний – инспекторов путем ручной записи показаний электросчетчиков. Всего в республике насчитывается более 1600 контролеров. Такой способ сбора данных об энергопотреблении, допускающий непосредственный контакт контролеров с абонентами сети, создает благоприятные условия для коррупционных схем.

3. Как известно [1, 4], к числу важнейших показателей качества и эффективности работы распределительных сетей относятся потери электроэнергии в ней, состоящие, в основном, из технических и коммерческих потерь. В целях экономии энергоресурсов при эксплуатации РЭС необходимо разрабатывать и принимать практические меры, направленные на минимизацию этих потерь. В настоящее время для снижения технических потерь электроэнергии РЭС на практике по существу не используются соответствующие способы и технологии, хотя имеется ряд средств для этой цели [5, 13-15]. В то же время практически отсутствуют методы и средства для снижения коммерческих потерь электроэнергии, к которым относятся утечки токов, вызванные, в частности, несанкционированным отбором электроэнергии и в результате прямых контактов зеленых насаждений с проводами сети.

Официальные статистические данные по потерям электроэнергии за последние годы приведены в табл.2.

Таблица 2.

Годы	Относительный уровень потерь (%)
2010 год	26,8
2012 год	21,2
2014 год	18,2
2015 год	14,9
2016 год	13,9
2017 год	13,1
2018 год	12,7

Как видно из этих данных, уровни потерь остаются достаточно высокими и в 2018 году составили порядка 12,7%, что составляет 1,5439 млрд кВт час электроэнергии, что в 1,5 раза больше чем планировалось получить за счет строительства Верхне-Нарынского каскада ГЭС. Таким образом, у энергетического комплекса республики имеется огромный потенциал для снижения потерь и экономии энергоресурсов.

Проблемы, связанные со снижением потерь электроэнергии в сети

Анализ показывает, что существующая система энергоучета, включающая ряд АСКУЭ, допускает высокий уровень технических и коммерческих потерь электроэнергии из-за существенного влияния ряда факторов. К таким основным факторам относятся:

- 1) несимметрия нагрузки фаз линий и параметров сети (токов и напряжений);
- 2) утечки токов в сети, включая несанкционированные отборы (хищения) электроэнергии;
- 3) наличие в сети нелинейных нагрузок (электроприемников) потребителей, вызывающих несинусоидальность токов;
- 4) износ силовых электрических линий и высокое сопротивление контактных соединений проводов;
- 5) обрывы линий электроснабжения РЭС;
- 6) погрешность приборов учета электроэнергии.

Несимметрия нагрузки фаз линий и параметров сети приводит к повышенным потерям электроэнергии в силовых линиях (фазных и нулевом проводах) и трансформаторной подстанции (ТП). По данным научных исследований в линиях с распределенной нагрузкой при относительном отклонении токов фаз от их среднего значения в диапазоне 0,3 – 0,5 технические потери возрастают в среднем на 35%. Результаты экспериментальных исследований по определению потерь электроэнергии в системах электроснабжения индивидуального жилищного строительства показывают, что технические потери от несимметрии в линиях электропередач и трансформаторной подстанции составляют более 6% от общего объема потребляемой электроэнергии в РЭС [1]. Как известно, при несимметричном режиме РЭС возрастает вероятность выхода из строя бытовой техники и промышленных установок, а также сокращаются сроки эксплуатации функциональных элементов (КТП, линий электропередач и др.) РЭС. Анализ показывает, что эффективное решение проблемы несимметрии в режиме реального времени в настоящее время не существует, а известные методы и средства [5, 7-12, 16] направлены на ее частичное решение.

В настоящее время наиболее актуальной является и борьба с неконтролируемой утечкой тока, вызванной, в частности, несанкционированными отборами (хищениями) электроэнергии (НОЭ) [7, 16]. Необходимо отметить, в настоящее время объемы хищений все еще остаются и не поддаются точной оценке. Поэтому оперативная локализация утечек тока в сети в составе АСКУЭ [7-12] дает возможность значительно сократить коммерческие потери электроэнергии за счет своевременного принятия соответствующих мер. Непрерывная диагностика состояний электрических линий позволяет оценить уровень их износа, а также своевременно идентифицировать обрывы фазных и нулевых проводов распределительных сетей, что также важно для уменьшения потерь электроэнергии и поддержания сети в нормальном состоянии. Актуальной проблемой является также проблема раздельной оценки технических и коммерческих потерь электроэнергии в РЭС, так как в существующих АСКУЭ такая функция отсутствует, в них формируется лишь информация об общих – суммарных потерях электроэнергии.

Проблемы, связанные с применением существующих АСКУЭ

В настоящее время в целях автоматизации и информатизации процессов энергопотребления в РЭС стали внедряться автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) [3, 17]. Структура таких автоматизированных систем состоит из двух или трех иерархических уровней. Общая структура двухуровневой системы показана на рис.1. Она включает два уровня: верхний и нижний уровни управления. Основу верхнего уровня составляет вычислительный комплекс (ВК), расположенный в центральном диспетчерском пункте управления (ЦДПУ). Комплекс технических средств (КТС) нижнего уровня включает: концентратор данных (КД); группу счетчиков электроэнергии (Сч), установленных у потребителей (абонентов); телекоммуникационные модули (ТКМ), которые строятся по технологии PLC, GSM и входят в состав КД и Сч. Счетчики электроэнергии обеспечивают измерение потребляемой абонентами мощности и количества энергии, а также токов и напряжений на нагрузках потребителей. Концентратор данных строится на основе микропроцессорной техники, который, в основном, располагается в трансформаторной

подстанции РЭС, и выполняет функции сбора данных со счетчиков, их хранение и обработку с целью решения соответствующих функциональных задач нижнего уровня (оценка потерь электроэнергии в РЭС, контроль технического состояния Сч, управление нагрузкой абонентов и др.), а также для передачи необходимых данных на верхний уровень.

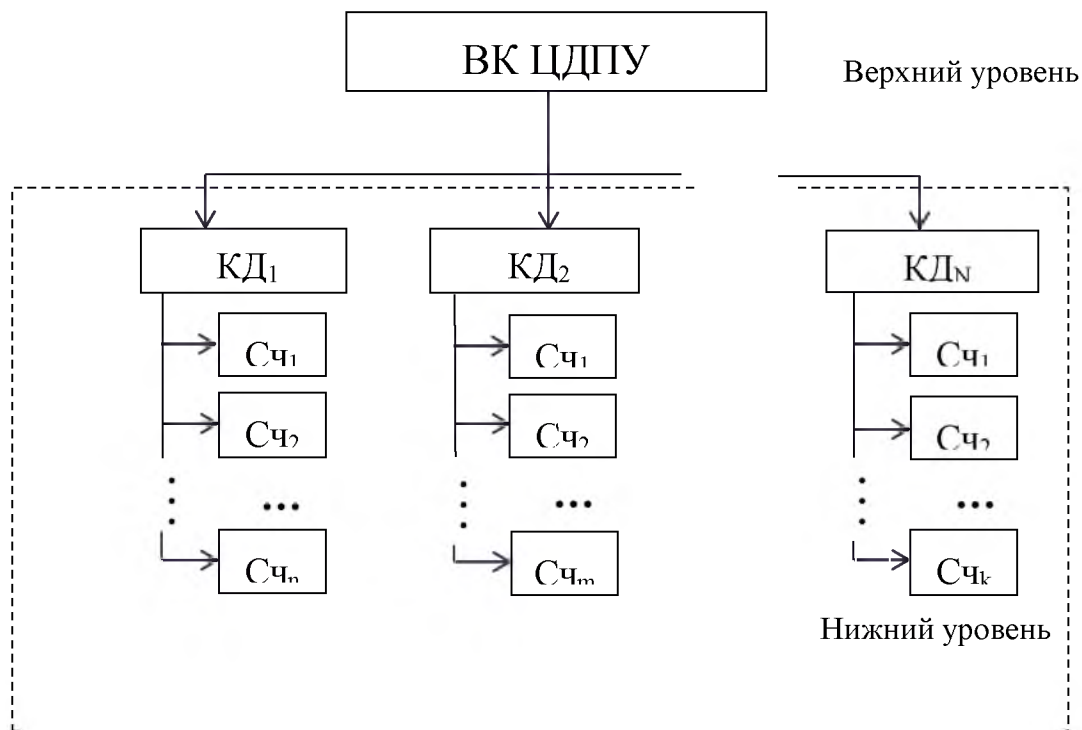


Рисунок 1. Общая структура двухуровневой системы АСКУЭ

В ВК ЦДПУ (центральный компьютер, сервер базы данных, автоматизированные рабочие места) осуществляется сбор, хранение, обработка и анализ данных, полученных от концентраторов (КД) нижних уровней с целью решения соответствующих функциональных задач (расчет потерь электроэнергии, составление энергобаланса по системе; принятие управленческих решений; формирование документов, связанных с отчетностью и оплатой за потребленную абонентами электроэнергию, взаимодействие с внешними информационными системами и др.). Функцию обмена информацией между верхним и нижним уровнями системы выполняют различные типы ТКМ (PLC, GSM и др.).

Основные достоинства АСКУЭ заключаются в следующем:

- 1) автоматизация процесса сбора данных со счетчиков электроэнергии без участия инспекторов (контролеров) энергосбыта;
- 2) исключение человеческого фактора при сборе данных об энергопотреблении, что позволяет устранить коррупционные схемы;
- 3) автоматическое отключение нагрузки абонента при несвоевременной оплате за использованную электроэнергию;
- 4) автоматическое отключение нагрузки абонента при превышении установленного лимита по потребляемой мощности в соответствии с техническими условиями на подключение энергии;
- 5) оперативное составление энергобаланса в системе.

Анализ процессов автоматизации и информатизации РЭС показывает, что к настоящему времени более 80% распределительных сетей остаются не охваченными системами АСКУЭ. Как уже отмечалось, главной функцией существующих АСКУЭ является коммерческий учет электроэнергии. В их составе по существу не решаются задачи,

ориентированные для снижения технических и коммерческих потерь электроэнергии, что можно рассматривать как недостаток этих систем. В целях экономии энергоресурсов при эксплуатации РЭС необходимо разрабатывать и принимать практические меры, направленные на минимизацию этих потерь. В частности, для снижения технических потерь электроэнергии к настоящему времени предложен ряд способов и средств [5, 13-15]. В то же время на практике по существу не используются методы и средства для снижения коммерческих потерь электроэнергии, к которым относятся утечки токов, вызванные, в частности, несанкционированным отбором электроэнергии и в результате прямых контактов зеленых насаждений с проводами сети. Анализ показывает, что наиболее эффективный путь значительного снижения потерь электроэнергии состоит в разработке и внедрении дополнительных подсистем в составе существующих АСКУЭ, ориентированных для выполнения таких важных функций, как оптимизация режимов работы РЭС, а также идентификация и локализация мест утечек тока в сети. В лаборатории «Адаптивные и интеллектуальные системы» НАН КР ведутся научно-исследовательские работы по разработке научных основ и инновационных цифровых технологий [7-9, 23-25], ориентированных для создания указанных подсистем в условиях несимметрии токов и напряжений.

К проблеме оптимизации режимов работы распределительных сетей

Таким образом, в целях снижения технических и коммерческих потерь электроэнергии до желаемого уровня необходимо создавать интеллектуальные технологии в составе существующих АСКУЭ, позволяющие минимизировать потери электроэнергии в сети. Таким образом возникает проблема оптимизации режима работы трехфазной распределительной сети в режиме реального времени. Одна из идей в решении этой проблемы состоит в разработке и внедрении цифровой системы автоматического управления (САУ) в составе АСКУЭ [12, 24], обеспечивающей в режиме реального времени минимизацию действующего значения тока в нейтральном проводе, что эквивалентно минимизации технических потерь электроэнергии в сети. При этом оптимизация режима осуществляется за счет перераспределения потоков электроэнергии между фазами сети, что можно реализовать посредством желаемых переключений электроприемников сети с одной фазы на другую. Структура такой САУ состоит из цифрового регулятора и объекта управления, в качестве которого выступает группа однофазных счетчиков, установленных у потребителей (абонентов) сети. Регулятор на основе измерительных данных, поступающих со счетчиков электроэнергии, по определенному алгоритму формирует управляющие воздействия (сигналы), которые передаются на объект для реализации. Применение таких САУ приводит к тому, что РЭС будет адаптироваться в условиях действий неконтролируемых случайных возмущений в режиме реального времени путем автоматической самонастройки своей структуры. В результате такую распределительную сеть можно рассматривать как систему с переменной структурой [2, 6]. Практическая реализация такого принципа перераспределения потоков энергии между фазами сети является в настоящее время реальной задачей, так как в современных однофазных и трехфазных счетчиках (серии Альфа, Меркурий, МИР и др.) имеются электромагнитные реле с мощными контактами до 100А, которые можно использовать для переключения приемников с одной фазы на другую путем подачи соответствующих управляющих импульсов (сигналов). В настоящее время в НАН КР разработан лабораторный образец коммутатора фазных токов, выполняющего функции требуемых переключений электроприемников.

Выводы. Таким образом, сегодня наиболее актуальной и острой является проблема снижения технических и коммерческих потерь электроэнергии в распределительных сетях Республики. Один из путей ее решения – это создание интеллектуальных информационно-управляющих систем (ИУС) на основе совершенствования современных АСКУЭ. Структура этих ИУС кроме уже существующих подсистем, входящих в состав АСКУЭ, должны включать

новые дополнительные функциональные подсистемы, предназначенные, в частности, для решения в режиме реального времени следующих задач:

- 1) идентификации и локализации мест утечек тока в трехфазной сети, включая несанкционированные отборы (хищения) электроэнергии;
- 2) оптимизации режима работы распределительной сети за счет управления процессом балансировки фазных токов в условиях несимметрии токов и напряжений;
- 3) диагностики состояний магистральной линии с выявлением и локализацией мест обрывов фазных и нейтрального проводов РЭС;
- 4) идентификации и мониторинга технических и коммерческих потерь электроэнергии в распределительной сети.

Практическое применение указанных подсистем в составе АСКУЭ дает возможность:

- значительно сократить технические и коммерческие потери электроэнергии в сети;
- повысить технико-экономические показатели АСКУЭ и распределительных компаний;
- улучшить качество электроснабжения.

Использованная литература

1. Авербух М.А., Жилин Е.В. О потерях электроэнергии в системах электроснабжения индивидуального жилищного строительства // Энергетик. 2016. №6. – С. 54-56.
2. Емельянов С.И., Уткин В.И., Таран В.А. и др. Теория систем с переменной структурой. М.: Наука, 1970. 592с.
3. Еремина М.А. Развитие автоматических систем коммерческого учета энергоресурсов (АСКУЭ) // Молодой ученый. 2015. №3. С. 135-138.
4. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии. –М.: ЭНАС, 2009. 456с.
5. Косоухов Ф.Д., Васильев Н.В., Филиппов А.О. Снижение потерь от несимметрии токов и повышение качества электрической энергии в сетях 0,38 кВ с коммунально-бытовыми нагрузками // Электротехника. 2014., №6. – С. 8-12.
6. Оморов Т.Т., Джолдошов Б.О. Краткий обзор методов анализа и синтеза нелинейных САУ//Известия Кыргызского государственного технического университета им.И.Раззакова. 2012. №26. С. 28-36.
7. Оморов Т.Т., Такырбашев Б.К. Идентификация и мониторинг потерь электроэнергии в распределительной сети в составе АСКУЭ // Электричество. 2016, №11. – с.4-11.
8. Оморов Т.Т., Такырбашев Б.К., Койбагаров Т.Д., Осмонова Р.Ч. Метод идентификации несанкционированного потребления электроэнергии в распределительной сети по данным АСКУЭ // Электрические станции. 2019. № 2 (1051). С. 37-41.
9. Оморов Т.Т., Такырбашев Б.К., Осмонова Р.Ч. и др. Идентификация утечек тока в распределительных сетях по данным АСКУЭ // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. 2018. Т. 18. № 2. С. 48-54.
10. Оморов Т.Т., Осмонова Р.Ч., Такырбашев Б.К. Диагностика состояний электрических линий распределительных сетей в составе АСКУЭ // Контроль. Диагностика. 2017. №5. С.44-48.
11. Оморов Т.Т., Такырбашев Б.К., Закиряев К.Э. К проблеме диагностики обрывов электрических линий трехфазных распределительных сетей в составе АСКУЭ // Электричество. 2018. № 8. С. 24-28.
12. Оморов Т.Т. Симметрирование распределенной электрической сети методом цифрового регулирования // Мехатроника, автоматизация, управление. 2018. Т. 19. № 3. С. 194-200.

Известия КГТУ им. И.Раззакова 50/2019

13. Патент № 2490768 (РФ). И.В. Наумов, Д.А.Иванов, С.В. Подъячих, Гантулга Дамдинсурэн. Симметрирующее устройство для трехфазных сетей с нулевым проводом // Бюлл. № 23. 20.08.2013.
14. Патент № 2548656 (РФ). Самокиш В.В. Способ симметрирования фазных токов трехфазной четырехпроводной линии и устройство для его осуществления // Бюлл. №11. 27.12.2013.
15. Патент № 2249286 (РФ). Г.А. Большанин. Способ автоматизированного активного контроля уровня несимметрии напряжений и токов // Бюлл. №9. 27.03.2005.
16. Сапронов А.А., Кужеков С.Л., Тын्यानский В.Г. Оперативное выявление неконтролируемого потребления электроэнергии в электрических сетях напряжением до 1 кВ // Изв.вузов. Электромеханика. 2004. №1. С.55-58.
17. Якушев К.В. Автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии для розничного рынка // Информатизация и системы управления в промышленности. 2009. №3.
18. <https://www.altera.com/downloads/software/quartus-ii-we/121.html>.
19. <http://www.mir-omsk.ru/stuff/career/vacancies>
20. <http://www.microcontroller.com>
21. <http://www.sanxingelectric.com>
22. <http://www.sicon.ru>
23. Omorov T.T., Takyrbashev B.K. A method for identification of nonmeasurable parameters of a distribution electric grid in systems of automation of control and accounting of electric power // Russian electrical engineering. 2018. т. 89. № 3. с. 152-155.
24. Omorov T.T., Takyrbashev B. K., Osmonova R.Ch. Synthesis of the managing director of the subsystem for optimization of the operating mode of the distributive electric network // Engineering Studies. 2016. №3. pp. 606-615.
25. Omorov T., Zakiriaev K., Takyrbashev B. Identification of lines of electric lines of three-phase distribution networks in the composition of ASMAE // В сборнике: E3S Web of Conferences 2017. С. 02010.